

04.11.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 3 0 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 8 4 6 2 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 8 4 6 2 0]

出 願 人 独 立 行 政 法 人 物 質 ・ 材 料 研 究 機 構
Applicant(s):

RECEIVED	
19 DEC 2003	
WIPO	PCT

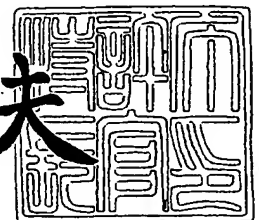
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

2 0 0 3 年 1 2 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 02-MS-123

【提出日】 平成14年 9月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/44

【発明の名称】 走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法

【請求項の数】 2

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市千現一丁目 2 番 1 号

独立行政法人物質・材料研究機構内

【氏名】 藤田 大介

【特許出願人】

【識別番号】 301023238

【氏名又は名称】 独立行政法人物質・材料研究機構

【代表者】 岸 輝雄

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【その他】 国の委託に係る研究の成果に係る出願

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 走査トンネル顕微鏡の探針に銀から形成されたもの若しくは銀薄膜が表面に被覆されたものを使用し、この探針に電圧パルスを印加して探針から半導体基板表面上に銀をナノメートルスケールで移送することを特徴とする走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法。

【請求項 2】 探針に印加する電圧パルスの条件を、電圧 $\pm 3\text{ V}$ ～ $\pm 10\text{ V}$ 、パルス幅 $10\text{ }\mu\text{ s}$ ～ 1 s とする請求項 1 記載の走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この出願の発明は、走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法に関するものである。さらに詳しくは、この出願の発明は、電気伝導度が高く、電極材料として最適な銀のナノ構造を半導体基板上の任意の位置に簡便に作製することのできる走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術とその課題】

基板上にナノスケールで電極やドットを作製する方法として電子ビームリソグラフィ法が一般に知られているが、この電子ビームリソグラフィ法によつては 20 ナノメートル 以下のワイヤやギャップ構造は作製されていない（たとえば、非特許文献 1 参照）。また、電子ビームリソグラフィ法による作製方法は手順が複雑であり、 50 ナノメートル 以下の電極構造を精度よく作製するには、高度な技巧が必要とされている。

【0003】

この出願の発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、電気伝導度が高く、電極材料として最適な銀のナノ構造を半導体基板上の任意の位置に簡便に作製することのできる走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法を提供

することを解決すべき課題としている。

【0004】

【非特許文献1】

パーク (Y. D. Park)、外5名、「電子ビームリソグラフィ法によりパターン付けしたNiナノワイヤと、リフトオフ及びドライ・エッチング技術により作製したNiナノワイヤの比較研究 (Comparative study of Ni nanowires patterned by electron-beam lithography and fabricated by lift-off and dry etching techniques)」, 真空科学技術ジャーナル (J. Vac. Sci. Technol.), 第B 18(1)巻, 2000年1-2月号 (Jan/Feb 2000), p. 16-20

【0005】

【課題を解決するための手段】

この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、走査トンネル顕微鏡の探針に銀から形成されたもの若しくは銀薄膜が表面に被覆されたものを使用し、この探針に電圧パルスを印加して探針から半導体基板表面上に銀をナノメートルスケールで移送することを特徴とする走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法（請求項1）を提供する。

【0006】

この出願の発明は、探針に印加する電圧パルスの条件を、電圧 $\pm 3\text{ V} \sim \pm 10\text{ V}$ 、パルス幅 $10\text{ }\mu\text{s} \sim 1\text{ s}$ とすること（請求項2）を一態様として提供する。

【0007】

以下、実施例を示しつつ、この出願の発明の走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法についてさらに詳しく説明する。

【0008】

【発明の実施の形態】

この出願の発明の走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法では、図1 (a) (b) の概念図に示したように、走査トンネル顕微鏡の探針に銀から形成されたもの（銀探針）若しくは銀薄膜が表面に被覆されたもの（銀薄膜被覆探針）を使用する。そして、この探針に電圧パルスを印加し、探針から半導体基板表面上に銀をナノメートルスケールで移送する。銀の移送は次のようにして行われ

る。すなわち、図1(a)に示したように、電圧パルスの印加により探針表面に電界誘起拡散が起こり、銀が探針先端に移動する。すると、半導体基板との間のギャップ距離が減少し、電界強度が増大して探針先端の銀が、電界蒸発して半導体基板表面に向かう若しくは半導体基板上に点接触する。いずれの場合も銀は半導体基板上に移送される。この後、図1(b)に示したように、探針が上昇すると、半導体基板表面上に銀のナノドットが定着する。

【0009】

したがって、この出願の発明の走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法により、半導体基板上の任意の位置を探索し、任意の位置に銀ナノ構造の作製が可能となる。作製される銀ナノ構造は、これまでの電子ビームリソグラフィ法では実現不可能なナノ構造である。また、そのような銀ナノ構造の作製は、たとえば、走査トンネル顕微鏡に一般的に付随する粗動位置制御装置及び走査イメージング機構を用いることにより実現される。

【0010】

また、この出願の発明の走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法では、上記銀ナノドットを半導体基板上に高い確率で作製することができる。探針に印加する電圧パルスの条件に最適な条件を選定することにより、たとえば、電圧 $\pm 3\text{ V} \sim \pm 10\text{ V}$ 、パルス幅 $10\text{ }\mu\text{ s} \sim 1\text{ s}$ とすることにより、ほぼ100%の確率で探針から半導体基板表面上に銀原子を移送することが可能である。金探針を用いた金ナノドットの作製確率は最高でおおよそ50%であり、銀ナノドットの作製確率の方が格段に高い。より高い作製効率、再現性、歩留まりで銀ナノ構造が作製される。

【0011】

以上より、この出願の発明の走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法により作製される銀ナノ構造は、ナノドット及びナノワイヤを可能にし、銀は電気伝導度が高く、電極材料として最適なもので物質であるため、ナノ電子回路の構築の容易化、ナノ電子回路の修復の実現が期待される。

【0012】

なお、この出願の発明の走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法では

、探針の材料として98%以上の高純度の銀ワイヤ若しくは銀薄膜を選択することができる。この内、銀ワイヤを探針に採用する場合、探針先端を先鋭化する必要があるが、これには電解研磨、ニッパ等による直接切断、若しくはガリウムイオンなどの集束イオンビームを照射して加工する集束イオンビーム加工などを採用することができる。一方、銀薄膜を表面被覆した探針とする場合には、たとえば、電解研磨により作製したタングステン探針の表面に銀薄膜をスパッタ蒸着させることが例示される。

【0013】

【実施例】

走査トンネル望遠鏡の探針として銀探針、銀薄膜被覆探針をそれぞれ作製した。銀探針は、純銀の探針とし、純度99.99%の銀ワイヤからニッパを用いてひねり、引っ張って切断し、作製した。また、銀薄膜被覆探針は、電解研磨により作製した先鋭なタングステン探針上に直流マグネトロンスパッタ法により純度99.99%の銀薄膜を厚み200nmで成膜して作製した。作製した銀探針若しくは銀薄膜被覆探針に電圧パルスを印加し、銀を半導体基板上に移送した。なお、半導体基板はN型シリコン(111)とし、その表面構造は、超高真空中清浄化処理により再構成(7×7)構造とした。

【0014】

銀の移送は、図1(a)に示したように、トンネル電流によるフィードバックを解除し、電圧パルスを上記探針に印加して電界誘起拡散により探針先端へ銀の移動を促進させた。その結果、ギャップ距離が減少し、電界強度が増大することにより、電界蒸発若しくは点接触が生ずる。いずれの場合も、銀は半導体基板上に移送される。この後、図1(b)に示したように、トンネル電流によるフィードバック制御を再開することにより、減少していたギャップ距離を修正するように探針位置が上昇し、半導体基板表面上に付着した銀ナノドットが定着する。

【0015】

図2は、銀薄膜被覆探針を用いてSi(111)-(7×7)基板表面上に作製した銀ドットを示したSTM(走査トンネル顕微鏡)像(500nm×500nm)である。電圧パルス条件は、パルス電圧=-3.5V、パルス幅=1msとした。直径及び高さが数ナ

ノメートル以下の銀ナノドットが～92%という高い確率で作製された。パルス電圧を±4V以上にすると、ほぼ100%の確率で銀ナノドットが得られる。

【0016】

図3は、銀薄膜被覆探針を用いてSi(111)-(7×7)基板表面上に作製した銀ナノワイヤを示したSTM像(1000nm×1000nm)である。電圧パルス条件は、パルス電圧=-4.5V、パルス幅=1msとした。安定して作製される銀ドットによりこれが連続したワイヤを任意の位置に形成可能であることが確認される。

【0017】

図4は、銀薄膜被覆探針を用いてSi(111)-(7×7)基板表面上に作製した銀ナノ文字を作製したSTM像(1000nm×1000nm)である。電圧パルス条件は、パルス電圧=-4.5V、パルス幅=1msとした。図3に示したように、任意の位置にドットの連続体が作製可能であり、したがって、図4に示したナノ文字が作製された。このことから、文字以外の複雑な図形であってもナノメートルスケールで作製可能であると合理的に考えられ、ナノスケール配線への応用が有望視される。

【0018】

もちろん、この出願の発明は、以上の実施形態及び実施例によって限定されるものではない。走査トンネル顕微鏡の探針の作製方法、電圧パルス条件などの細部については様々な態様が可能であることはいうまでもない。

【0019】

【発明の効果】

以上詳しく説明した通り、この出願の発明によって、電気伝導度が高く、電極材料として最適な銀のナノ構造を半導体基板上の任意の位置に簡便に作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

(a) (b) は、それぞれ、この出願の発明の走査トンネル顕微鏡による銀ナノ構造の作製方法の工程を示した概念図である。

【図2】

銀薄膜被覆探針を用いてSi(111)-(7×7)基板表面上に作製した銀ドットを示

した S T M 像 (500nm×500nm) である。

【図 3】

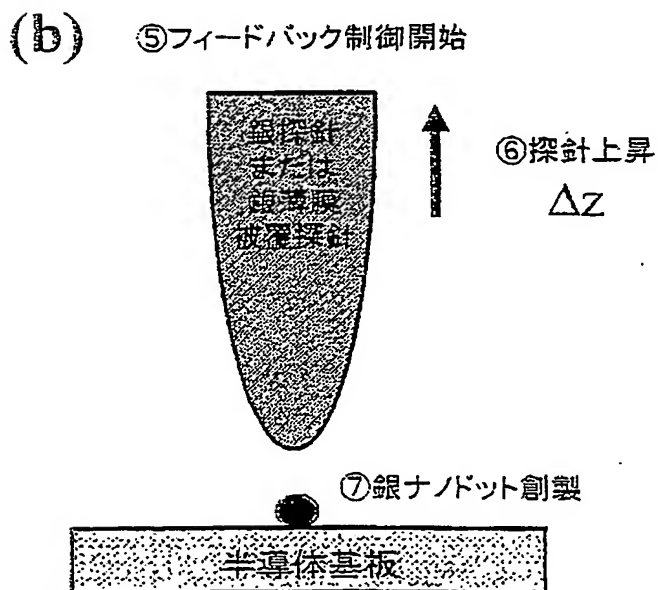
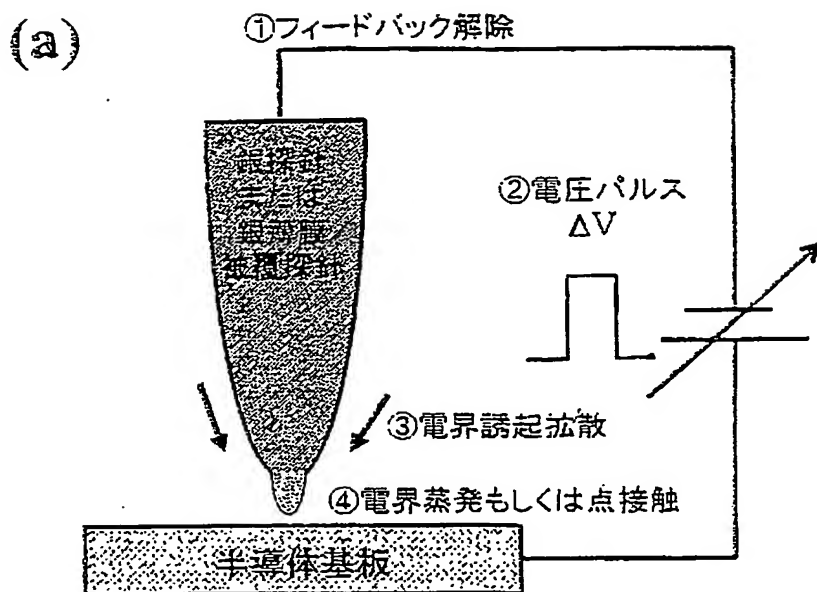
銀薄膜被覆探針を用いて S i (111)-(7×7) 基板表面上に作製した銀ナノワイヤを示した S T M 像 (1000nm×1000nm) である。

【図 4】

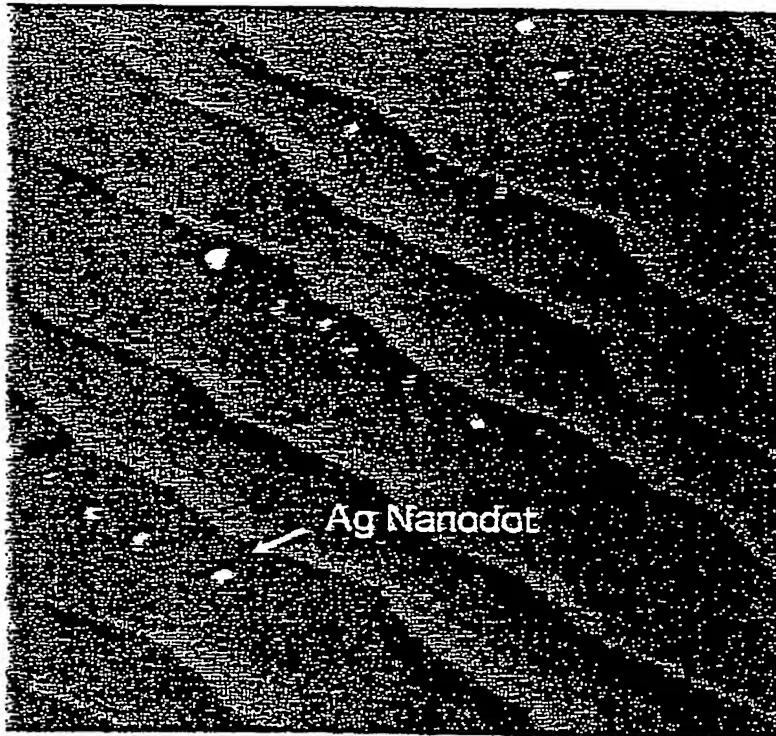
銀薄膜被覆探針を用いて S i (111)-(7×7) 基板表面上に作製した銀ナノ文字を作製した S T M 像 (1000nm×1000nm) である。

【書類名】 図面

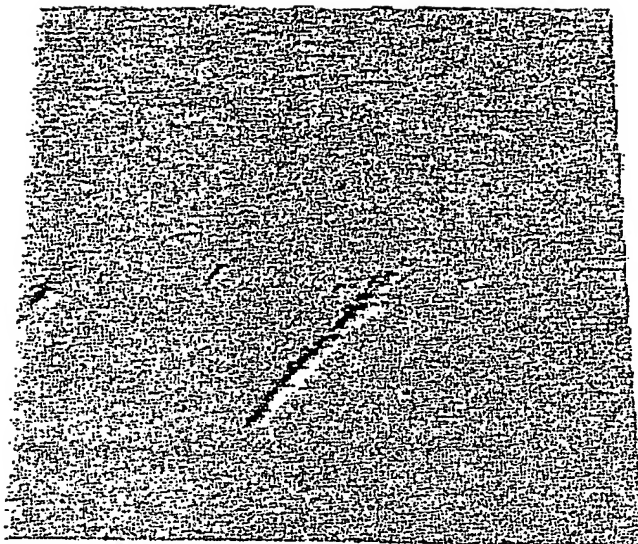
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電気伝導度が高く、電極材料として最適な銀のナノ構造を半導体基板上の任意の位置に簡便に作製する。

【解決手段】 走査トンネル顕微鏡の探針に銀から形成されたもの若しくは銀薄膜が表面に被覆されたものを使用し、この探針に電圧パルスを印加して探針から半導体基板表面上に銀をナノメートルスケールで移送する。

【選択図】 図 1

特願 2002-284620

出願人履歴情報

識別番号

[301023238]

1. 変更年月日

2001年 4月 2日

[変更理由]

新規登録

住 所

茨城県つくば市千現一丁目2番1号

氏 名

独立行政法人物質・材料研究機構

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☒ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**